

J M S K*Jurnal Matematika, Statistika, & Komputasi*
<http://journal.unhas.ac.id/index.php/jmsk>*Vol. 15, No. 1, 50-63, Juli 2018***p-ISSN: 1858-1382****e-ISSN: 2614-8811**

PEMODELAN DERET WAKTU DAN PERAMALAN CURAH HUJAN PADA DUA BELAS STASIUN DI BOGOR

Hutomo Atman Maulana*

Abstrak

Curah hujan merupakan salah satu faktor iklim yang berpengaruh di berbagai bidang sehingga pemerintah membangun stasiun hujan untuk mengukur curah hujan di lokasi tertentu di Indonesia yang dianggap memiliki potensi. Akan tetapi curah hujan di luar daerah stasiun hujan tidak diketahui secara pasti, sehingga perlu dilakukan prediksi curah hujan dengan menggunakan analisis deret waktu dengan metode Box-Jenkins yang dikenal dengan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), maupun analisis krigging untuk melihat kebergantungan spasial lokasi. Identifikasi model dilakukan dengan melihat plot ACF dan PACF data. Data yang digunakan adalah data curah hujan di Bogor periode 10 harian dari bulan Januari 2013 - Desember 2014 sehingga diperoleh model deret waktu terbaik untuk 12 stasiun yang terdiri dari ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,0), dan ARIMA(3,1,0).

Kata kunci: Curah hujan, analisis deret waktu, Metode Box-Jenkins.

Abstract

Rainfall is one of the most influential climatic factors in various fields so that the government builds rain stations to measure rainfall in certain locations in Indonesia that are considered to have potential. However, rainfall outside the rain station area is not known for certain, so rainfall prediction is required by using time series analysis by Box-Jenkins method known as *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA). The model identification is done by viewing plots of ACF and PACF data. The data used are rainfall data in Bogor 10-day period from January 2013 to December 2014 so as to obtain the best time series model for 12 stations consisting of ARIMA (1,1,1), ARIMA (1,1,0), and ARIMA (3,1,0).

Keywords: Sea surface temperature, Time series, Box-Jenkins method.

1. Pendahuluan

Curah hujan merupakan salah satu faktor iklim yang sangat berpengaruh di berbagai bidang. Bidang pertanian, pelayaran, penerbangan dan beberapa bidang lainnya melibatkan faktor iklim sebagai faktor penentu, khususnya curah hujan. Di bidang kesehatan, curah hujan juga mempunyai peran yang sangat penting, seperti mempengaruhi laju penyebaran penyakit, misalnya pada kasus demam berdarah. Tidak sedikit penelitian di bidang kesehatan yang melibatkan faktor curah hujan.

* Politeknik Negeri Bengkalis,
Email: hutomomaulana@polbeng.ac.id

Anomali curah hujan di Indonesia tidak hanya dipengaruhi oleh faktor el nino/la nina saja tetapi juga dipengaruhi oleh faktor pengendali curah hujan lainnya, yaitu Indeks Dipole Mode (IDM) dan suhu muka laut Indonesia. Walaupun terjadi kejadian el nino di Lautan Pasifik tetapi pada saat bersamaan suhu muka laut di perairan Indonesia cukup hangat maka dampak el nino tersebut tidak terlalu signifikan. Untuk memprakirakan kondisi curah hujan bulanan/musiman, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) secara rutin memperhatikan ketiga faktor pengendali curah hujan yaitu el nino/la nina, IDM dan suhu permukaan perairan Indonesia [1]. Pemerintah telah membangun stasiun hujan untuk mengukur curah hujan di titik atau lokasi tertentu di berbagai daerah di Indonesia yang dianggap memiliki potensi dan dapat mewakili daerah sekitarnya. Namun curah hujan di luar daerah stasiun hujan tidak diketahui secara pasti, sedangkan untuk kepentingan tertentu, dibutuhkan informasi tentang curah hujan di titik lain.

Bogor merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang terletak di dataran tinggi. Di Bogor sering-sering kali terjadi hujan di beberapa stasiun. Kedua belas stasiun tersebut adalah Bendungan Empang, Cibodas, Cihideung, Ciriung, Kec. Ciawi, Klapanunggal, Lanud Atang Sanjaya, Perk. Cikasungka, Perk. Gunung Mas, Perk. Pondok Gedeh, Stamet Citeko, dan Staklim Darmaga. Karakteristik setiap kecamatan di Bogor berbeda dan sering kali curah hujan setiap kecamatan diperlukan untuk kepentingan tertentu, misalnya sebagai informasi agar mengetahui kecamatan dengan curah hujan tinggi yang selanjutnya dilakukan tindakan pencegahan masalah lingkungan atau kesehatan.

Salah satu cara untuk mengetahui curah hujan yang akan datang adalah dengan menggunakan analisis deret waktu. Analisis deret waktu adalah suatu pengamatan yang dibangun berurutan dalam waktu. Analisis ini dilakukan untuk memperoleh pola data deret waktu, dengan menggunakan pengamatan sebelumnya untuk memprediksi suatu nilai pada masa yang akan datang. Data yang dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu, baik dalam jam, hari, minggu, bulan, maupun dalam tahun. Lebih lanjut, akan dilakukan prediksi (*forecasting*) melibatkan pengamatan data masa lalu dan menempatkannya ke masa mendatang dalam suatu bentuk matematis. Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi data curah hujan di Bogor periode 10 harian dari bulan Januari 2013 - Desember 2014. Dewasa ini telah dikembangkan sejumlah metode prediksi. Salah satu metode yang digunakan yaitu analisis deret waktu dengan metode Box-Jenkins atau dikenal dengan ARIMA. Analisis data dengan model ARIMA, terdiri dari tiga tahap yaitu identifikasi, penaksiran dan pengujian serta penerapan model [2].

Selanjutnya, dilakukan perbandingan prediksi data deret waktu dengan data spasial model deret waktu yakni prakiraan kriging. Kriging adalah salah satu metode interpolasi spasial yang memanfaatkan nilai spasial pada lokasi tersampel untuk memprakirakan nilai pada lokasi lain yang belum atau tidak tersampel. Metode Kriging digunakan untuk memprakiraan nilai suatu lokasi dari nilai sampel yang terdapat di sekitar lokasi yang akan diprakirakan. Hal ini dapat diidentifikasi dengan adanya autokorelasi spasial, contohnya jika dalam suatu daerah yang saling berdekatan mempunyai nilai hampir mirip akan menunjukkan nilai autokorelasi spasial yang positif. Sedangkan, jika nilai di daerah yang berdekatan tidak mirip menunjukkan nilai autokorelasi spasial yang negatif dan bagi nilai autokorelasi spasial yang acak menunjukkan bahwa tidak adanya autokorelasi spasial di antara kedua tempat tersebut. Daerah yang diprakirakan adalah Perk. Cikasungka dan Kecamatan Ciawi.

2. Landasan Teori

2.1. Pemodelan Deret Waktu

Analisis deret waktu pada dasarnya digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh waktu. Data dikumpulkan secara periodik berdasarkan urutan waktu, bisa dalam jam, hari, minggu, bulan, kuartal dan tahun. Analisis deret waktu dapat dilakukan untuk membantu dalam menyusun perencanaan ke depan. Untuk menentukan metode peramalan pada data deret waktu perlu diketahui pola dari data tersebut sehingga peramalan data dapat dilakukan dengan metode yang sesuai. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu pola musiman, siklis, trend, dan irregular. Pola musiman merupakan aktuasi dari data yang terjadi secara periodik dalam kurun waktu satu tahun, seperti triwulan, kuartalan, bulanan, mingguan, atau harian. Untuk data model stokastik terdapat beberapa model yang dapat digunakan seperti AR, MA, ARMA, ARIMA, SARIMA dan lainnya.

2.2. Model Deret Waktu

Pemilihan model deret waktu yang sesuai dengan data akan menghasilkan keakuratan dalam peramalan (*forecasting*). Setiap model memiliki ciri masing-masing sehingga berdasarkan ciri tersebut kita jadikan acuan sebagai penentuan model yang cocok dari data. Beberapa model deret waktu tersebut adalah [1]:

1. Model AR(p)

Deret waktu Y_t merupakan suatu proses AR (*Auto Regressive*) berorde p atau AR (p) dapat dinyatakan sebagai:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t \quad (1)$$

Dengan kata lain, Y_t merupakan kombinasi linier p buah nilai-nilai sebelumnya ditambah dengan galat pada saat t . Variabel galat e_t diasumsikan saling bebas terhadap $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ dan berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan variansi σ^2 .

2. Model MA(q)

Model MA (*Moving Average*) berorde q merupakan suatu deret Y_t yang terbentuk dari galat pada waktu t dan galat-galat pada waktu sebelumnya yang diberi bobot, sehingga dapat dinyatakan sebagai:

$$Y_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (1)$$

3. Model ARMA(p, q)

Model ARMA (*Auto Regressive Moving Average*) berorde p dan q merupakan proses deret waktu yang dibangun dari penggabungan antara AR (p) dan MA (q) dengan bentuk persamaan:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q} \quad (3)$$

4. Model ARIMA(p, d, q)

Model ARIMA dilakukan pada data yang *didifferencing* sehingga data telah stasioner model ARIMA (p,d,q) merupakan gabungan dari model ARMA (p, q) dan proses *differencing*, yaitu:

$$\phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_q(B)e_t \quad (4)$$

3. Metode Penelitian

3.1. Jenis Penelitian

Adapun jenis penelitian yang digunakan adalah jenis deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Metode deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan atau menguraikan permasalahan yang berkaitan dengan penentuan model yang sesuai dengan data curah hujan.

3.2. Sumber Data

Data yang digunakan adalah data curah hujan 10 harian dari tanggal Januari 2013 sampai Desember 2014 di 12 stasiun (kecamatan) Bogor yaitu sejumlah 67 buah data. Kedua belas stasiun tersebut adalah Bendungan Empang (BE), Cibodas (CIB), Cihideung (CIH), Ciriung (CIR), Kec. Ciawi (CIA), Klapanunggal (KLA), Lanud Atang Sanjaya (LAS), Perk. Cikasungka (CIK), Perk. Gunung Mas (GM), Perk. Pondok Gedeh (PG), Stamet Citeko (CIT), dan Staklim Darmaga (DAR).

3.3. Tahapan Pemodelan Deret Waktu

Asumsi terpenting dalam analisis deret waktu adalah kestasioneran. Ide dari kestasioneran adalah perilaku data yang tidak berubah terhadap waktu dalam suatu proses. Jenis kestasioneran ada dua macam, yaitu:

1. Stasioner kuat

Jika distribusi gabungan Y_1, Y_2, \dots, Y_n sama dengan distribusi gabungan dari $Y_{1-k}, Y_{2-k}, \dots, Y_{n-k}$, ditulis sebagai:

$$F(y_{t_1}, y_{t_2}, \dots, y_{t_n}) = F(y_{t_{1-k}}, y_{t_{2-k}}, \dots, y_{t_{n-k}}) \quad (7)$$

dengan t_1, t_2, \dots, t_n dan \forall lag k .

2. Stasioner lemah

Jika μ (mean) dan σ^2 (variansi) selalu konstan setiap waktu (t).

Dikarenakan sulitnya untuk menggambarkan distribusi gabungan yang merupakan syarat dari stasioner kuat, maka dalam penelitian ini cukup hanya dengan asumsi stasioner lemah saja.

a. Stasioner terhadap mean

Uji yang digunakan untuk melihat kestasioneran terhadap mean adalah uji akar unit. salah satu metode pengujian adalah dengan *Augmented Dickey-Fuller Test*. dimana menggunakan persamaan berikut:

$$\nabla Y_t = (\rho - 1)Y_{t-1} + \mu_t = \delta Y_{t-1} + \mu_t \quad (8)$$

$H_0: \delta = 0$ (data memiliki akar unit)

$H_1: \delta \neq 0$

Jika kita tidak menolak $H_0: \delta = 0$, maka $\rho = 1$. Artinya data memiliki akar unit, dimana data time series Y_t tidak stasioner.

b. Stasioner terhadap variansi

Uji Levene digunakan untuk melihat apakah data memiliki variansi yang sama:

$H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_i, \quad i \in N$

H_1 : terdapat paling tidak satu pasang $\sigma_i \neq \sigma_j, \quad i, j \in N$.

Jika kita tidak menolak $H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_i, \quad i \in N$, artinya data memiliki variansi yang sama atau konstan, dimana data time series Y_t stasioner.

Asumsi terpenting lainnya dalam analisis deret waktu adalah hubungan autokorelasi. Autokorelasi adalah hubungan kelinieran antara satu variabel dengan dirinya sendiri. Secara matematis, autokorelasi melibatkan nilai mean dan fungsi autokovariansi yang didefinisikan sebagai:

$\gamma_{t,s} = \text{Cov}(Y_t, Y_s)$ untuk $t, s = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Cov}(Y_t, Y_s) &= E[(Y_t - \mu_t)(Y_s - \mu_s)] \\ &= E(Y_t - Y_s) - \mu_t \mu_s \end{aligned} \quad (9)$$

sehingga diperoleh fungsi autokorelasi yang didefinisikan sebagai:

$\rho_{t,s} = \text{Corr}(Y_t, Y_s)$ untuk $t, s = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ adalah:

$$\begin{aligned} \text{Corr}(Y_t, Y_s) &= \frac{\text{Cov}(Y_t, Y_s)}{\sqrt{\text{Var}(Y_t) \text{Var}(Y_s)}} \\ &= \frac{\gamma_{t,s}}{\sqrt{\gamma_{t,t} \gamma_{s,s}}} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \mu)(Y_{t-k} - \mu)}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \mu)^2} \quad \text{dengan } k = 0, 1, 2, \dots \quad (11)$$

Nilai kovariansi dan korelasi menunjukkan hubungan linier dari dua variabel acak, sehingga apabila $\rho_{t,s}$ mendekati ± 1 maka hubungan liniernya kuat antar dua variabel. Namun, jika $\rho_{t,s}$ mendekati nol maka hubungan liniernya lemah, dan apabila $\rho_{t,s} = 0$, maka Y_t, Y_s tidak berkorelasi (tidak memiliki hubungan linier).

Analisis deret waktu memerlukan suatu tahapan pemodelan yang sistematis. Salah satu metode analisis deret waktu yang biasa digunakan adalah metode George E. P. Box dan Gwilym M. Jenkins yang dikenal sebagai metode Box-Jenkins. Dalam metode ini memiliki tiga iterasi utama. Adapun iterasinya adalah:

1. Identifikasi model

Pada tahap ini, proses identifikasi model dengan menggunakan prinsip parsimony (model sederhana) dengan jumlah parameter yang sedikit. Proses ini diawali dengan membuat plot ACF (*auto correlation function*) dan PACF (*partial auto correlation function*). Identifikasi dilakukan dengan mengamati perilaku dari ACF dan PACF.

Data yang tidak menunjukkan perilaku ACF dan PACF sesuai dengan tabel diatas, maka cenderung menunjukkan perilaku tidak stasioner. Data yang tidak stasioner harus dilakukan proses transformasi terlebih dahulu untuk menjadikan stasioner. Salah satu proses stasioner yang paling sederhana adalah *differencing*. *Differencing* adalah proses pengurangan data pada waktu t dengan data waktu $t - 1$, dengan tujuan data yang telah *differencing* menjadi stasioner. *Differencing* pertama, kedua, dan selanjutnya dari data observasi Y_t yaitu :

$$\begin{aligned} d = 1 : \quad W_t &= \nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1} \\ d = 2 : \quad W_t &= \nabla^2 Y_t = \nabla(\nabla Y_t) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \end{aligned} \quad (11)$$

Tabel 1. Perilaku ACF dan PACF model AR(p), MA(q), dan ARMA(p, q)

Model	AR(p)	MA(q)	ARMA(p, q)
ACF	Menurun secara eksponensial atau membentuk gelombang sinus teredam	<i>Cut off</i> setelah lag- q	Menurun secara eksponensial atau membentuk gelombang sinus teredam
PACF	<i>Cut off</i> setelah lag- p	Menurun secara eksponensial atau membentuk gelombang sinus teredam	Menurun secara eksponensial atau membentuk gelombang sinus teredam

2. Pengujian galat

Analisis kecocokan model yang diperoleh. Data dapat dianalisis dengan menggunakan model plot, membandingkannya dengan data yang asli, dan menguji apakah asumsi-asumsi untuk model-model deret waktu tidak dilanggar. Sehingga digunakan *Mean Square Error* untuk mengatasi masalah ini, dengan formula yang digunakan sebagai berikut:

$$MSE = \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (12)$$

Pengaruh nilai galat akan dianalisis kembali untuk melihat kebergantungan dengan data. Harapan yang diinginkan yakni tidak ada hubungan antara data dengan galat (saling bebas). Salah satu caranya untuk melihat galat tersebut berdistribusi normal dan saling bebas dengan data pengamatan dapat diaplikasikan dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov. Prinsip dari uji ini adalah selisih supremum dari fungsi distribusi pengamatan dan estimasi (galat). Dapat dilihat secara jelas dalam formula berikut[4]:

$$D_{obs,est} = \sup |F_{obs}(y) - F_{est}(y)| \quad (13)$$

dengan menggunakan uji hipotesis, dimana $H_0: \rho_{galat} = 0$ versus $H_1: \rho_{galat} \neq 0$. H_0 ditolak jika $D_{obs,est} > c(\alpha) \sqrt{\frac{n_{obs}+n_{est}}{n_{obs}n_{est}}}$ dengan $c(\alpha)$ diberikan dalam tabel kolmogorov-smirnov. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tidak ada pengaruh ($\rho = 0$) antara pengamatan dengan galatnya.

3. Pengujian keakuratan model

Uji kesesuaian model yang digunakan dalam model time series ini antara lain yaitu *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Bayesian Information Criterion* (BIC). Nilai AIC dan BIC dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} AIC &= -2 \log(\hat{\theta}) + 2K \\ BIC &= -2 \log(\hat{\theta}) + K \log(n) \end{aligned} \quad (14)$$

dengan $(\log(\hat{\theta}))$ adalah nilai maksimum fungsi log likelihood dari suatu model yang diestimasi, n adalah banyaknya pengamatan, dan K merupakan banyaknya parameter. Semakin kecil nilai AIC dan BIC dari suatu model, maka model yang dipakai semakin cocok. Menurut Cryer (2008), BIC cenderung digunakan karena secara eksperimen terbukti BIC menghasilkan model lebih akurat dibandingkan AIC. Namun apabila menggunakan rumus:

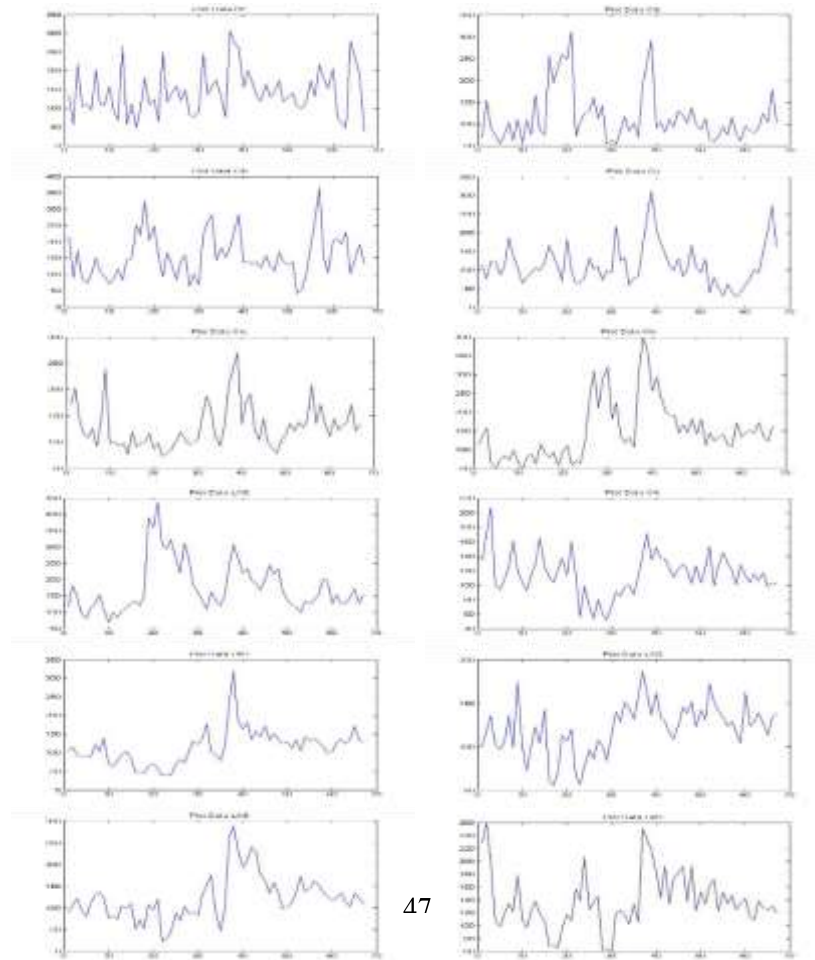
$$\begin{aligned} AIC &= \log \text{likelihood} - K \\ BIC &= \log \text{likelihood} - \frac{K}{2} \log(n) \end{aligned} \quad (15)$$

maka model yang cocok dengan data dapat diketahui dengan nilai masing- masing AIC dan BIC yang terbesar.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Statistika Deskriptif

Data yang digunakan adalah data curah hujan 10 harian dari tanggal Januari 2013 sampai Desember 2014 di 12 stasiun (kecamatan) Bogor yaitu sejumlah 67 buah data. Kedua belas stasiun tersebut adalah Bendungan Empang (BE), Cibodas (CIB), Cihideung (CIH), Ciriung (CIR), Kec. Ciawi (CIA), Klapanunggal (KLA), Lanud Atang Sanjaya (LAS), Perk. Cikasungka (CIK), Perk. Gunung Mas (GM), Perk. Pondok Gedeh (PG), Stamet Citeko (CIT), dan Staklim Darmaga (DAR). Adapun plot data curah hujan disajikan pada gambar di bawah



17

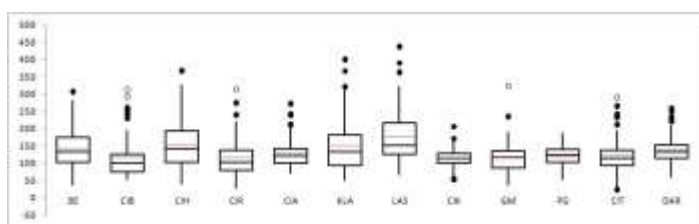
ini.

Gambar 1. Plot Data Curah Hujan 12 Lokasi

Stat Deskriptif	BE	CIB	CIH	CIR	CIA	KLA	LAS	CIK	GM	PG	CIT	DAR
Banyak Data	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Jumlah	9,563	7,795	10,405	7,690	8,693	10,048	11,896	7,732	7717	8128	8248	9261
Mean	142.73	116.34	155.30	114.78	129.75	149.97	177.55	115.40	115.1791	121.3134	123.1045	138.2239
Median	132	101	143	102	121	134	152	114	116	124	115	134
Minimum	37	53	41	29	73	51	69	52	38	55	23	60
Maximum	306	312	365	313	271	399	436	207	321	187	289	260
SD	62.278	60.327	67.020	55.696	42.026	78.352	78.177	28.886	47.11621	28.70604	52.26278	43.87511
Variance	3,878.533	3,639.289	4,491.637	3,102.085	1,766.192	6,138.969	6,111.706	834.426	2219.937	824.0366	2731.398	1925.025
Standard Error	7.608	7.370	8.188	6.804	5.134	9.572	9.551	3.529	5.756161	3.507001	6.384915	5.360197
Skewness	0.645	1.624	0.839	1.248	1.333	1.224	1.281	0.283	1.301259	-0.29749	0.967717	0.718212
Kurtosis	-0.029	2.099	0.643	2.109	1.697	1.274	1.343	1.026	4.606922	-0.01366	1.469242	0.628538
25th Percentile	102	76	104	79	100	95	125	101	86	103.5	92.5	115
50th Percentile	132	101	143	102	121	134	152	114	116	124	115	134
75th Percentile	174	127	193	137	143	182	218	129	136	139	138	154.5

Gambar 2. Statistika Deskriptif Data Curah Hujan 12 Lokasi

Pada Gambar di atas terlihat bahwa nilai mean dari data curah hujan 10 lokasi (Bendungan Empang, Cibodas, Cihideung, Ciriung, Kec. Ciawi, Klapanunggal, Lanud Atang Sanjaya, Perk. Cikasungka, Stamet Citeko, dan Staklim Darmaga) lebih besar dari nilai median, artinya data menumpuk pada nilai yang lebih kecil. Sementara median lebih besar ditemui pada lokasi Perk. Gunung Mas dan Perk. Pondok Gedeh. Nilai mean pada boxplot digambarkan dengan garis putus-putus merah, jika ditarik suatu garis dari boxplot Bendungan Empang hingga boxplot Staklim Darmaga akan diper- oleh garis panjang yang menandakan bahwa curah hujan pada dua belas kota ini memiliki nilai mean yang berubah-ubah atau dengan kata lain tidak konstan terhadap waktu. Namun, jika dilihat berdasarkan masing-masing boxplot sebagian besar merupakan proses stasioner.



Gambar 3. Boxplot Data Curah Hujan 12 Lokasi di Bogor

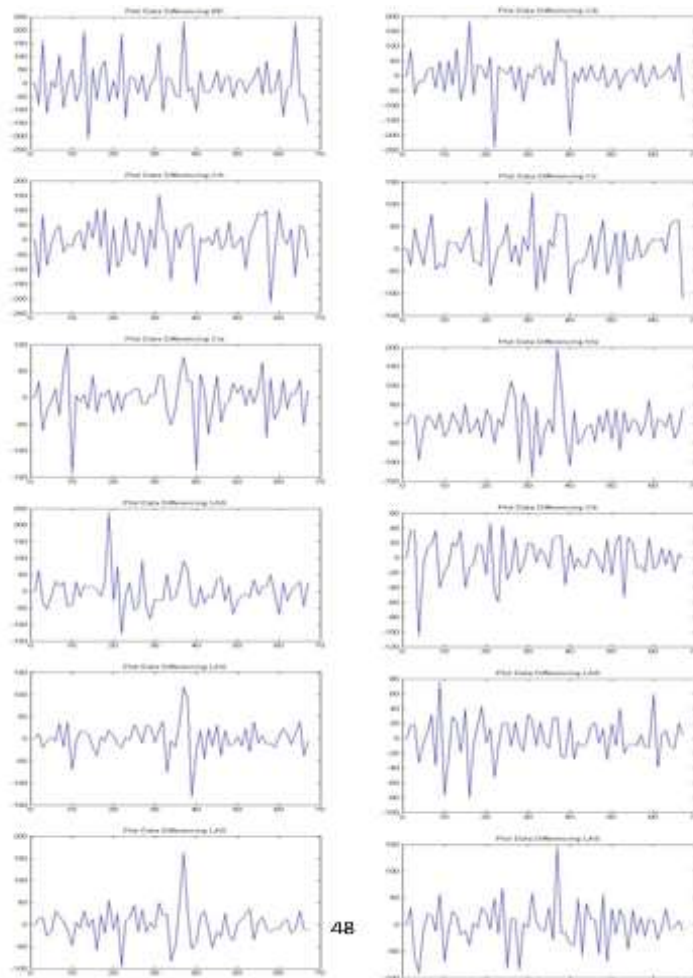
Selanjutnya, koefisien skewness bernilai positif pada 12 lokasi kecamatan Bogor tersebut kecuali Perk. Pondok Gedeh, hal ini menunjukkan bahwa distribusi frekuensinya menceng ke kanan (ekor kurvanya lebih panjang ke kanan daripada ke kiri). Sementara, koefisien skewness bernilai negatif pada lokasi Perk. Pondok Gedeh, artinya distribusi frekuensinya menceng ke kiri. Adapun nilai kurtosis dari data curah hujan dari 12 lokasi kecuali Perk. Gunung Mas kurang dari 3. Dengan demikian, data menunjukkan bahwa distribusi frekuensinya memiliki puncak yang lebih landai dari distribusi normal (bukan berdistribusi normal) tetapi ekornya tipis. Sedangkan nilai kurtosis dari Perk. Gunung Mas lebih dari 3, artinya bukan berdistribusi normal tetapi ekornya tebal. Variansi pada data memberikan informasi bahwa data tidak cukup jauh menyebar. Akan tetapi lokasi Klapanunggal dan Lanud Atang Sanjaya variansi yang besar merepresentasikan data cukup menyebar.

4.2. Pemilihan Model Deret Waktu

Data curah hujan merupakan data deret waktu yang bergantung antara pengamatan sekarang dan pengamatan di waktu selanjutnya. Pada data curah hujan di daerah Bogor ini, data memiliki interval waktu yang sama antar data yaitu 10 hari. Data yang bersifat saling berkorelasi dan memiliki interval waktu yang sama ini dapat dimodelkan menggunakan model deret waktu. Model deret waktu yang akan digunakan dalam pemodelan ini adalah model deret waktu yang stasioner sehingga perlu diperiksa apakah data curah hujan dalam kondisi stasioner. Pada Gambar 1 terlihat bahwa ke 12 lokasi memiliki data yang tidak stasioner yaitu terdapat trend dengan variansi yang besar. Sehingga perlu dilakukan difference yaitu mengurangi data dengan data sebelumnya. Defferencing yang digunakan adalah:

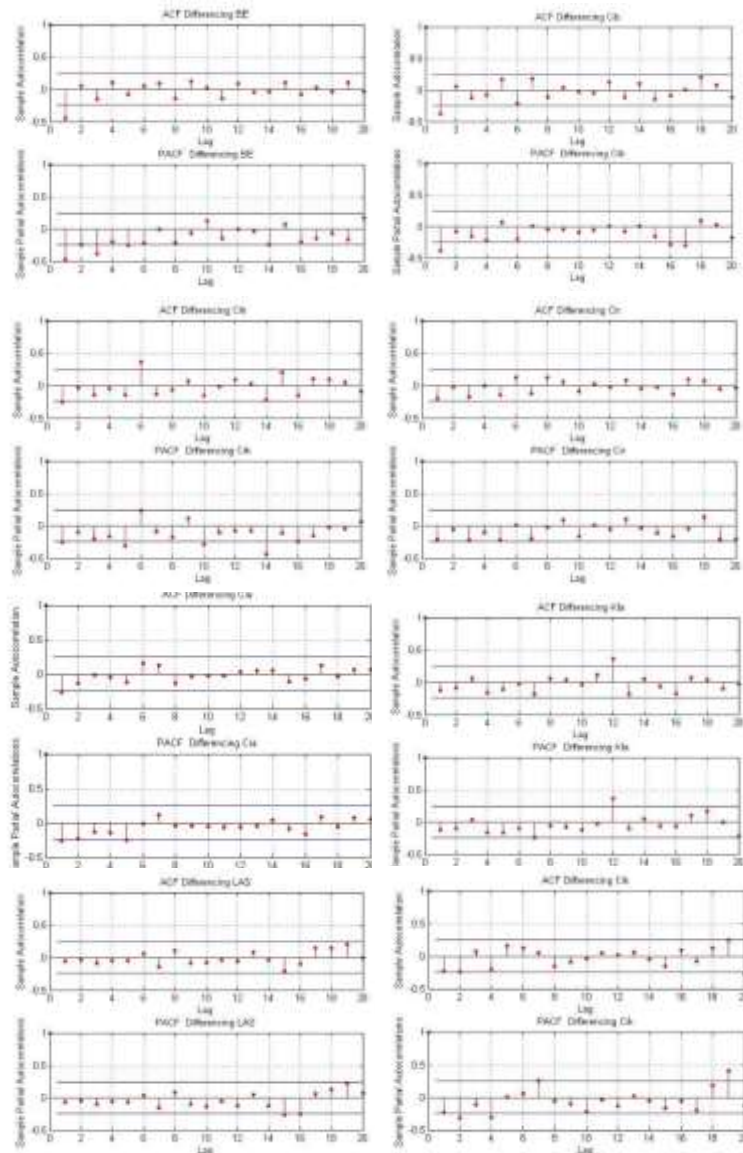
$$Y_t = \log(P_t) - \log(P_{t-1}) \quad (16)$$

Hasil differencing data terlihat pada Gambar 4. Hasil differencing menunjukkan bahwa data lebih stasioner dan data lebih terpusat. Data yang telah didifferencing ini akan diolah selanjutnya untuk menentukan model deret waktu yang terbaik.



Gambar 4. Plot Difference Data Curah Hujan 12 Lokasi

Selanjutnya, salah satu hal yang menarik untuk dikaji pada data deret waktu adalah memodelkan data. Adapun cara untuk melihat model data curah hujan dapat dilihat dengan memperhatikan grafik ACF dari data yang telah di differencing (stasioner) pada Lampiran. Terlihat bahwa plot ACF dan PACF data curah hujan Bendungan Empang, Cihideung, Ciriung, Kec. Ciawi, Klapanunggal, Perk. Cikasungka, Perk. Gunung Mas, Perk. Pondok Gedeh, dan Staklim Darmaga dies down atau menurun secara perlahan pada lag 1. Sementara, data curah hujan pada lokasi Cibodas, Lanud Atang Sanjaya, dan Stamet Citeko menunjukkan plot ACF menurun secara perlahan. PACF terpotong setelah lag ke-1 untuk Cibodas dan Lanud Atang Sanjaya, sedangkan terpotong setelah lag-3.

**Gambar 5.** Plot ACF dan PACF Difference Data Curah Hujan

Stasiun			Bendungan Empang		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,1)		745.5734	755.5722	
	ARIMA(1,1,0)		769.9983	774.9977	
	ARIMA(2,1,1)		747.5389	762.5372	
	ARIMA(2,1,0)		768.2075	778.2063	
	ARIMA(3,1,0)		759.8774	774.8757	
	ARIMA(3,1,1)		748.1086	768.1063	
Stasiun			Cibodas		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,1)		728.7801	738.7790	
	ARIMA(1,1,0)		732.1406	737.1400	
	ARIMA(2,1,1)		725.1053	735.1048	
	ARIMA(2,1,0)		733.6459	743.6488	
	ARIMA(3,1,1)		725.1053	735.1048	
	ARIMA(3,1,0)		733.6459	743.6488	
Stasiun			Cihideung		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,1)		746.5578	756.5566	
	ARIMA(1,1,0)		755.3096	760.3093	
	ARIMA(2,1,1)		746.5471	751.5481	
	ARIMA(2,1,0)		749.1229	759.1194	
	ARIMA(3,1,0)		749.7148	754.7118	
	ARIMA(3,1,1)		746.1568	751.1568	
Stasiun			Ciriung		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,1)		701.5864	711.5852	
	ARIMA(1,1,0)		711.2013	716.2009	
	ARIMA(2,1,1)		704.3075	714.3052	
	ARIMA(2,1,0)		704.2304	714.2281	
	ARIMA(3,1,0)		711.7729	726.7712	
	ARIMA(3,1,1)		706.8480	716.8445	
Stasiun			Kec. Ciawi		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,1)		678.3332	688.3321	
	ARIMA(1,1,0)		684.9764	689.9759	
	ARIMA(2,1,1)		680.3311	695.3294	
	ARIMA(2,1,0)		683.3920	693.3909	
	ARIMA(3,1,0)		681.5937	706.5908	
	ARIMA(3,1,1)		683.5887	713.5852	
Stasiun			Klapanunggal		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,1)		715.8009	725.7997	
	ARIMA(1,1,0)		721.7464	726.7458	
	ARIMA(2,1,1)		724.6667	739.6650	
	ARIMA(2,1,0)		726.9730	746.9707	
	ARIMA(3,1,1)		724.6430	739.6413	
	ARIMA(3,1,0)		732.8947	737.8907	
Stasiun			Lanud Atang Sanjaya		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,1)		713.4650	723.4648	
	ARIMA(1,1,0)		713.4650	723.4648	
	ARIMA(2,1,1)		721.2942	736.2924	
	ARIMA(2,1,0)		717.3423	737.3400	
	ARIMA(3,1,0)		721.1711	736.1693	
	ARIMA(3,1,1)		729.0247	704.0206	
Stasiun			Perk. Cikasungka		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,1)		631.3603	636.3597	
	ARIMA(1,1,0)		620.1996	635.1979	
	ARIMA(2,1,1)		624.6735	639.6718	
	ARIMA(2,1,0)		625.7882	635.7880	
	ARIMA(3,1,0)		622.3392	642.3369	
	ARIMA(3,1,1)		620.0242	645.0213	
Stasiun			Perk. Gunung Mas		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,0)		664.2080	669.2054	
	ARIMA(1,1,1)		655.8437	665.8425	
	ARIMA(2,1,0)		663.8328	673.8316	
	ARIMA(2,1,1)		657.3274	672.3257	
	ARIMA(3,1,0)		662.3607	677.3589	
	ARIMA(3,1,1)		658.8780	678.8757	
Stasiun			Perk. Pondok Gedeh		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,0)		627.6075	632.6069	
	ARIMA(1,1,1)		615.7803	625.7792	
	ARIMA(2,1,0)		625.5594	635.5582	
	ARIMA(2,1,1)		617.3019	632.3002	
	ARIMA(3,1,0)		624.0292	639.0275	
	ARIMA(3,1,1)		621.0830	641.0813	
Stasiun			Stamet Citeko		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,0)		671.1434	681.1422	
	ARIMA(1,1,1)		658.9776	678.9753	
	ARIMA(2,1,0)		645.7011	670.6982	
	ARIMA(2,1,1)		646.3975	661.3958	
	ARIMA(3,1,0)		642.2127	667.2098	
	ARIMA(3,1,1)		644.0140	674.0105	
Stasiun			Staklim Darmaga		
Uji Diagnostik			AIC	BIC	
Model	ARIMA(1,1,0)		679.0979	689.0968	
	ARIMA(1,1,1)		677.0748	682.0743	
	ARIMA(2,1,0)		681.0891	696.0874	
	ARIMA(2,1,1)		678.0995	698.0971	
	ARIMA(3,1,0)		675.0704	690.0766	
	ARIMA(3,1,1)		664.8202	699.8152	

Gambar 6. Hasil Nilai AIC dan BIC untuk beberapa Model Deret Waktu

Gambar di atas memberikan informasi nilai AIC dan BIC. Menurut Cryer (2008), BIC cenderung digunakan karena secara eksperimen terbukti BIC menghasilkan model lebih akurat dibandingkan AIC. Sehingga nilai BIC lebih dipertimbangkan dalam pemilihan model. Nilai BIC yang terkecil diperoleh model yang paling sesuai dengan data, sehingga didapatkan model deret waktu yang sesuai dengan data curah hujan 12 lokasi beserta parameternya pada Gambar 7. Dari tabel tersebut, data curah hujan dari 12 lokasi sebagian besar sesuai dengan model

Stasiun	Model	μ	α_1	α_2	α_3	θ
Bendungan Empang	ARIMA(1,1,1)	0.254098	0.0349969			-1
Cibodas	ARIMA(1,1,0)	1.14675	-0.384807			
Cihideung	ARIMA(1,1,1)	-0.368017	0.5648			-0.984152
Ciriung	ARIMA(1,1,1)	0.0260689	0.605779			-1
Kec. Ciawi	ARIMA(1,1,1)	-0.15068	0.474274			-0.888935
Klapanunggal	ARIMA(1,1,1)	0.286114	0.748254			-1
Lanud Atang Sanjaya	ARIMA(1,1,0)	0.516099	-0.0653368			
Perk. Cikasungka	ARIMA(1,1,1)	-0.194722	0.569155			-1
Perk. Gunung Mas	ARIMA(1,1,1)	0.156919	0.697262			-1
Perk. Pondok Gedeh	ARIMA(1,1,1)	0.348373	0.428153			-1
Stamet Citeko	ARIMA(3,1,0)	0.157103	-0.0663907	-0.210246	-0.578286	
Staklim Darmaga	ARIMA(1,1,1)	-2.22928	-0.415784			0.0916282

ARIMA(1,1,1).

Gambar 7. Hasil Model Deret Waktu Terbaik dan Parameternya

Setelah identifikasi model, estimasi parameter dan uji diagnostik maka dilakukan prediksi berdasarkan model terpilih. Prediksi nilai curah hujan 5 waktu kedepan dari 12 lokasi yaitu November - Desember 2014 dengan hasil pada Gambar 8.

Stasiun	Model	Data ke-68	Data ke-69	Data ke-70	Data ke-71	Data ke-72
Bendungan Empang	ARIMA(1,1,1)	119.0163	135.8203	141.2488	143.0025	143.5691
Cibodas	ARIMA(1,1,0)	93.012	81.23	91.34	102.23	95.2
Cihideung	ARIMA(1,1,1)	112.43	146.87	146.23	138.007	149.92
Ciriung	ARIMA(1,1,1)	118.92	128.01	146.029	92.02	98.43
Kec. Ciawi	ARIMA(1,1,1)	102.4203	117.3850	123.7075	126.3787	127.5072
Klapanunggal	ARIMA(1,1,1)	85.5231	99.9947	111.3010	120.1343	127.0356
Lanud Atang Sanjaya	ARIMA(1,1,0)	117.9870	129.0400	142.0000	144.3800	107.9300
Perk. Cikasungka	ARIMA(1,1,1)	152.0050	120.8840	112.0600	117.8500	127.9300
Perk. Gunung Mas	ARIMA(1,1,1)	126.9300	165.0400	177.4800	189.4200	148.3800
Perk. Pondok Gedeh	ARIMA(1,1,1)	130.5200	102.8300	109.7700	152.7300	117.6600
Stamet Citeko	ARIMA(3,1,0)	78.3400	89.2800	103.7700	108.9400	109.7800
Staklim Darmaga	ARIMA(1,1,1)	126.9500	113.9300	138.4400	148.5600	158.5400

Gambar 8. Hasil Prediksi Lima Waktu ke Depan

Bendungan Empang		Cibodas		Cihideung		Ciriung	
Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real
119.0163	53	93.012	51	112.43	120	118.92	135
135.8203	71	81.23	73	146.87	173	128.01	191
141.2488	121	91.34	86	146.23	156	146.029	120
143.0025	139	102.23	92	138.007	129	92.02	77
143.5691	126	95.2	82	149.92	183	98.43	102
Kec. Ciawi		Klapanunggal		Lanud Atang Sanjaya		Perk. Cikasungka	
Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real
102.4203	114	85.5231	121	117.9870	123	152.0050	162
117.3850	134	99.9947	143	129.0400	133	120.8840	123
123.7075	152	111.3010	134	142.0000	121	112.0600	102
126.3787	123	120.1343	152	144.3800	111	117.8500	128
127.5072	134	127.0356	133	107.9300	103	127.9300	122
Perk. Gunung Mas		Perk. Pondok Gedeh		Stamet Citeko		Staklim Darmaga	
Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real	Forecast	Nilai Real
126.9300	118	130.5200	124	78.3400	91	126.9500	119
165.0400	203	102.8300	112	89.2800	113	113.9300	113
177.4800	193	109.7700	137	103.7700	127	138.4400	104
189.4200	156	152.7300	129	108.9400	116	148.5600	129
148.3800	134	117.6600	112	109.7800	103	158.5400	123

Gambar 9. Perbandingan Data Prediksi dan Data Asli Berdasarkan Model Deret Waktu

5. Kesimpulan dan Saran

Dari analisis data menggunakan model deret waktu didapatkan hasil prediksi dan prakiraan masing-masing. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sebagian besar 12 stasiun di Bogor pada periode pertama, kedua sampai kelima, prediksi deret waktu nya lebih mendekati data asli (sebenarnya). Khususnya Prediksi Stasiun Cikasungka lebih dekat dengan data sebenarnya. Pada penelitian ini peramalan curah hujan menggunakan analisis deret waktu

sehingga hanya bisa untuk daerah sesuai dengan data yang digunakan. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan Semivariogram atau kriggin untuk melakukan peramalan di daerah sekitarnya.

Daftar Pustaka

- [1] Cryer, Jonathan D. and Kung-Sik Chan, 2008. *Time Series Analysis with Application in R, second edition*, Iowa City: Springer.
- [2] Mukhaiyar, Utriweni. 2015. Catatan Kuliah Topik Statistika II. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Data Iklim. Sumber: <http://dataonline.bmkg.go.id>, diakses pada April 2015.
- [4] Wei, W.W.S., 1994. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, Second Edition*, Addison Wesley.